

JP 402078788 A  
MAR 1990**(54) MULTISTAGE CENTRIFUGAL COMPRESSOR**

(11) 2-78788 (A) (43) 19.3.1990 (19) JP

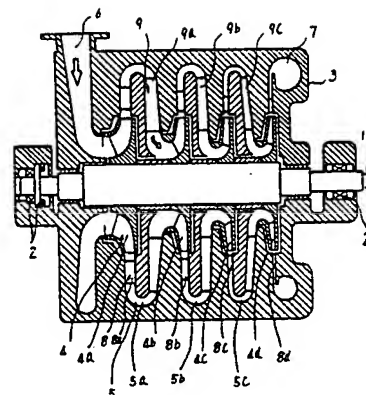
(21) Appl. No. 63-228745 (22) 14.9.1988

(71) HITACHI LTD (72) HIROMI KOBAYASHI(2)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> F04D1/08, F04D29/44

**PURPOSE:** To prevent the propagating stall caused in a diffuser by adapting a diffuser with vane as the diffuser, and setting the ratio of a centrifugal impeller outer radial to the diffuser vane front edge radial so that it is gradually increased from the rear stage side toward the front stage side (upstream side).

**CONSTITUTION:** Plural stages of centrifugal impellers 4 (4a-4d) having the same outer radial R and the passage height h reduced according to the change of the capacity flow rate are fixed to a rotating shaft 1 mounted to a casing 3 through a bearing 2, and the outlet and inlet in each stage of the centrifugal impellers 4 are connected to each other. Diffusers with vane 8, 8a, 8b, 8d are provided on the outlet side of each centrifugal impeller 4 in passages 5 (5a-5c). In this case, the gap between the diffuser vane front edge radial and the centrifugal impeller outer radial is increased gradually from the rear stage side toward the front stage side, and the height of the diffuser vane is reduced gradually from the rear stage side toward the front stage side.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-78788

⑮ Int.Cl.<sup>5</sup>

F 04 D 1/08  
29/44

識別記号

庁内整理番号

C 8914-3H  
S 7532-3H  
Y 7532-3H

⑬ 公開 平成2年(1990)3月19日

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全7頁)

⑭ 発明の名称 多段遠心圧縮機

⑯ 特 願 昭63-228745

⑰ 出 願 昭63(1988)9月14日

⑱ 発 明 者 小 林 博 美 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内  
⑱ 発 明 者 西 田 秀 夫 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内  
⑱ 発 明 者 三 浦 治 雄 茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日立製作所土浦工  
場内  
⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
⑲ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

多段遠心圧縮機

2. 特許請求の範囲

1. 回転軸に複数の遠心羽根車を固定し、各々の羽根車の外方に相対向する2つの壁面からなるデフューザを備え、少なくとも2つのデフューザにペーンを設けた多段遠心圧縮機において、デフューザペーン前縁半径と遠心羽根車外径半径との間隔を後段側から前段側へ向うに従って大きくすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

2. 請求項1記載のものにおいて、デフューザペーンの高さを後段側から前段側へ向うに従って低くすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

3. 請求項1記載のものにおいて、デフューザペーン前縁半径 $r$ と遠心羽根車外径半径 $R$ との比 $r/R$ が、デフューザペーンの高さ $h$ と遠心羽根車外径半径 $R$ との比 $h/R$ に対して

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R}$$

の関係を満足し、かつ比 $t/R$ を後段側から前段側へ向うに従って大きく設定することを特徴とする多段遠心圧縮機。

4. 回転軸に複数の遠心羽根車を固定し、各々の羽根車の外方に相対向する2つの壁面からなるデフューザを備える多段遠心圧縮機において、低圧段側グループのデフューザにはペーンレスデフューザを用い、高圧段側グループのデフューザにはペーン付デフューザを用い、かつ高圧段側グループのデフューザペーン前縁半径と遠心羽根車外径半径との間隔を後段側から前段側へ向うに従って大きくすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

5. 請求項4記載のものにおいて、デフューザペーンの高さを後段側から前段側へ向うに従って低くすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

6. 請求項4記載のものにおいて、デフューザペーン前縁半径 $r$ と遠心羽根車外径半径 $R$ との

比  $r/R$  が、ディフューザペーンの高さ  $h$  と遠心羽根車外半径  $R$  との比  $h/R$  に対して

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R}$$

の関係を満足し、かつ比  $t/R$  を後段側から前段側へ向うに従って大きく設定することを特徴とする多段遠心圧縮機。

7. 回転軸に複数の遠心羽根車を固定し、各々の羽根車の外方に相対向する2つの壁面からなるディフューザを備える多段遠心圧縮機において、低圧段側グループのディフューザにはペーン付ディフューザを用い、このディフューザペーン前縁半径と遠心羽根車外半径との間隔を一定にし、高圧段側グループのディフューザにはペーン付ディフューザを用い、かつ高圧段グループのディフューザペーン前縁半径と遠心羽根車外半径との間隔を後段側から前段側へ向うに従って大きくすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

8. 請求項7記載のものにおいて、ディフューザ

ペーンの高さを後段側から前段側へ向うに従って低くすることを特徴とする多段遠心圧縮機。

9. 請求項7記載のものにおいて、ディフューザペーン前縁半径  $r$  と遠心羽根車外半径  $R$  との比  $r/R$  が、ディフューザペーンの高さ  $h$  と遠心羽根車外半径  $R$  との比  $h/R$  に対して

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R}$$

の関係を満足し、かつ比  $t/R$  を後段側から前段側へ向うに従って大きく設定することを特徴とする多段遠心圧縮機。

### 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は一軸多段形の遠心圧縮機に係り、特に高圧の流体を取扱うのに好適なディフューザを備えた遠心圧縮機に関する。

〔従来の技術〕

1本の回転軸に複数の遠心圧縮機段を配置する多段遠心圧縮機では、従来はペーンレスディフューザが使用されており、ペーン付ディフューザが

採用されている例は少なく、この場合、羽根車外半径  $R$  とディフューザペーン前縁半径  $r$  との比  $r/R$  は前後段（上下流段）において一定であった。

なお、この種多段遠心圧縮機として関連するものに、例えば「送風機と圧縮機」（生井武文著 朝倉書店、昭和49年6月25日発行）が挙げられる。

〔発明が解決しようとする課題〕

ペーン付ディフューザを採用し、かつ遠心羽根車外半径  $R$  とディフューザペーン前縁半径  $r$  との比  $r/R$  を前後段において一定にした多段遠心圧縮機では、 $r/R$  が大きいと流路高さの低い後段側では旋回失速が防止できなくなるので、圧縮機全体として安定運転範囲が狭くなる。逆に全段で旋回失速が防止できるように  $r/R$  を小さくすると、羽根車を出た直後の高速の流体がペーンに衝突するので騒音や強度の面で好ましくないばかりでなく、 $r/R$  が大きい場合に比べて衝突損失が増大し、効率が低下する。

ディフューザの一般的問題点について更に付記すれば次のとおりである。

一般にペーン付ディフューザを採用することは少なく、その理由はペーン付ディフューザを備える多段遠心圧縮機は最高効率は高いけれども作動範囲は狭いためである。多段遠心圧縮機は後段側に向うにつれて流体は圧縮され、その容積流量が小さくなるために流路幅は下流段ほど小さくなり、結果として下流段ほど比速度の小さい圧縮機段となる。つまり多段遠心圧縮機では後段側ほど高圧で、比速度の小さい圧縮機段となるが、後段側では旋回失速と呼ばれる現象がしばしば発生する。

ペーンレスディフューザに起因する旋回失速は、ある圧縮機において流量が減少し、その段のディフューザ入口平均流れ角  $\alpha$  が所定値以下になると、流路高さ方向のある部分が局所的に逆流を起こし、それが発達して発生する。

このような旋回失速が発生すると、旋回失速による圧力変動は、流体の圧力が高いほど増加振力として大きな力となる。従って旋回失速が発生す

ると圧力レベルの高い圧縮機は軸振動が大きくなり、運転が困難になるために、圧縮機の運転範囲が制限される。

例えばペーンレスディフューザ段において、第7図に示されるように、C点で旋回失速が発生すると、安定な運転範囲は流量 $Q_0$ より大流量となる。これは仮に旋回失速が発生しない場合、即ち $Q_0$ より大流量側で安定に運転できる場合に比べて運転範囲が狭くなる。

このようなペーンレスディフューザの旋回失速の対策として、第8図、第9図に示すように従来はディフューザの流路高さを $h$ から $h'$ にせばめて、旋回失速の発生を遅らせる手法がとられていた。即ち羽根車の出口高さ $b$ に対して、ディフューザ流路高さを低くして、半径方向速度を $C_0$ から $C_0'$ に増速する。このようにするとディフューザ入口の流れ角 $\alpha$ は、ディフューザ流路高さの大きい場合に比べて大きくなる。即ちディフューザ高さ $h$ のとき流れ角 $\alpha$ に対してディフューザ高さ $h'$ の場合流れ角は $\alpha'$ となる。従つて同じ

流量でも入口流れ角を大きくすることによつて旋回失速の発生を遅らせ、第10図に示すように安定な運転範囲を広くすることができる。すなわち、流路高さを低くすることは、旋回失速発生点を小流量側へ移す作用がある。このためディフューザ流路高さを羽根車出口高さにくらべて非常に小さくすれば、旋回失速の発生点をサージ点の近くまで移動させ、旋回失速は防止できる。しかし、旋回失速を完全に防止するためには、ディフューザ流路高さを大幅に低くすることが必要となり、この方法では、ディフューザの流路高さが低くなることに加えて、ディフューザ内の平均流速も大きくなるのでディフューザ内の磨擦損失が増加し、性能は低下する。

本発明の目的はディフューザにて発生する旋回失速を防止し、高効率で広い作動範囲を安定に運転できる多段圧縮機を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的は、ディフューザとしてペーン付ディフューザを採用し、遠心羽根車外径半径 $R$ とディ

フューザペーン前縁半径 $r$ との比 $r/R$ を後段側（下流側）から前段側（上流側）に向つて徐々に大きくするとともに遠心羽根車外径半径 $R$ とディフューザの流路高さ（ペーン高さ） $h$ との比 $h/R$ との間に

$$r/R < 1 + 3.3 h/R$$

の関係を満足するように比 $r/R$ 及び $h/R$ を設定することによつて、達成される。

〔作用〕

上記関係を満足する位置にペーンを設けると、流れはペーンによつて強制的に転向され、半径方向にたてられるので、逆流がおこりにくくなる。即ち上記ペーン付ディフューザはペーンが無い場合に最も逆流の発生しやすい位置より内側にペーン前縁を設けることによつて、逆流の発生を防止する作用がある。

〔実施例〕

以下本発明の実施例を図面に従つて説明する。

第1図は多段遠心圧縮機の実施例の縦断面図で、回転軸1に軸受2を介してケーシング3が取付け

られ、回転軸1には遠心羽根車外径半径 $R$ が同一で、かつ流路の高さ $h$ が容積流量の変化に応じて小さくした遠心羽根車4（1段目；4a、2段目；4b、3段目；4c、4段目4d）が固定されている。遠心羽根車4の各段の出口と入口とはケーシング3に形成した流路5（1段目；5a、2段目；5b、3段目；5c）で連結され、最前段の遠心羽根車4aの入口はケーシング3の吸込口6に連結し、最後段の遠心羽根車4dの出口はケーシング3の吐出口7に連結している。前述の流路5には遠心羽根車4a、4b、4c、4dのそれぞれの出口側にペーン付ディフューザ8（1段目；8a、2段目；8b、3段目；8d）が設けられ、遠心羽根車4b、4c、4dのそれぞれの入口側にはリターンチャンネル9（1段目；9a、2段目；9b、3段目；9c）が配置されている。

第2図及び第3図は、前述の羽根車4の外径半径 $R$ 、ペーン付ディフューザ8の高さ $h$ 及びディフューザペーンの前縁半径 $r$ との詳細関係図である。これら外径半径 $R$ 、高さ $h$ 、半径 $r$ は次式の

関係を満足して配置されている。

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R} \quad \dots (1)$$

なお、ディフューザペーンの後縁半径については、特に限定しない。

次に、上述した多段遠心圧縮機の作用について説明する。

多段遠心圧縮機の場合、一般に後段に向うにつれて流体は圧縮され、容積流量は小さくなり、従ってディフューザ流路高さ  $h$  は低くなるが、ディフューザ流路高さが低いほど内側（ディフューザ内径側）で逆流が発生しやすい。この流路高さ  $h$  と逆流開始半径  $r_1$  との関係は予測計算から次式(2)で近似される。

$$\frac{r_1}{R} \approx 1 + 3.3 \frac{h}{R} \quad \dots (2)$$

換言すれば、上式は流路高さ  $h$  の場合最もはやく逆流が発生しやすい半径位置を示している。

ディフューザ8で発生する旋回失速は、この逆流が発達して失速域を形成し、それがディフュー

ザ8内を旋回する。したがって、ディフューザ8内で最初の逆流を抑止すれば、旋回失速を防止することができる。

ペーン付ディフューザ8において、ペーン前縁半径  $r$  が小さくなると、遠心羽根車4を出た高速の流体がペーンに衝突するために、騒音やペーンの強度の面で好ましくない。本実施例では前記(1)式を満足する範囲でペーン前記半径  $r$  を前後側ほど大きくなるように設定しているので、ペーン前縁半径比を小さくし全段一定にした場合に比べても騒音の発生やペーンの強度の面で効果がある。

更にペーン付ディフューザ8はペーンレスディフューザにくらべて、流路高さを低くすることなく旋回失速を防止できる上に、ディフューザ入口部でペーンによって流れを強制的に半径方向にたてるので、ディフューザ全体を通過する流路長さが短くなり摩擦損失が小さく、従って高い効率を得ることができる。

本実施例によれば、全ての段で旋回失速が防止

され、高効率で安定運転範囲の広い多段遠心圧縮機が得られる。

次に、第4図に従って他の実施例について説明する。図は低圧段側と高圧段側とにおいて流体の中間冷却を行う場合の、合計5段の遠心圧縮機の縦断面図で、第1図と同一部分には同一符号が付してある。

図において、外径  $R$  が同一の低圧段グループの遠心羽根車10(1段目: 10a, 2段目: 10b)と同様に半径  $R$  が同一の高圧側グループの遠心羽根車11(1段目: 11a, 2段目: 11b: 3段目: 11c)とで構成され、これら羽根車10, 11は回転軸1に固定されている。低圧段側グループはペーンレスディフューザ12(1段目: 12a, 2段目: 12b)、リターンチャンネル13から構成され、高圧段側グループはペーン付ディフューザ14(1段目: 14a, 2段目: 14b: 3段目: 14c)、リターンチャンネル15(1段目: 15a, 2段目: 15b)から構成され、低圧段側グループにペーンレスディフ

ューザを用い、高圧段側グループにペーン付ディフューザを用いた理由は次のとおりである。

一般に使用する羽根車の比速度の範囲が広い多段圧縮機では、低圧段側(前段側)は比速度が大きく、このような場合ディフューザの流れ角も設計上大きくなるので、旋回失速はおこりにくい。また圧力レベルが低い場合、仮に旋回失速が発生しても軸加振力としては小さく、問題とならないためである。

本実施例では旋回失速が問題となる高圧段グループのディフューザとしてペーン付ディフューザを備え、各ディフューザの前縁半径比は第5図に示されるように設けている。

従って本実施例によれば後段側の3つの段において、ディフューザで発生する旋回失速を防止し、高効率で安定運転範囲の広い圧縮機特性を得ることができる。

第6図は更に他の実施例で低圧段側グループのディフューザにはペーン付ディフューザを用い、このディフューザペーン16の前縁半径  $r$  と遠心

羽根車外径半径Rとの比 $r/R$ を一定にし、高压段側グループのディフューザにはベーン付ディフューザを用い、ディフューザベーン16(1段目:16a, 2段目:16b)の前縁半径 $r$ と羽根車外径半径Rとの比 $r/R$ が、ディフューザベーンの高さ $h$ と羽根車外径半径Rとの比 $h/R$ に対して、

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R}$$

の関係を満足し、かつ比 $h/R$ を後段側から前段側へ向うに従って大きく設定したものである。

前述したように、低压段は比速度が大きく、このような場合、ディフューザ入口流れ角も大きくなるので旋回失速はおこりにくく、又低压段では旋回失速が発生しても軸加振力としては小さく、問題とならない。

従って、本実施例によれば低压段側グループには比 $r/R$ が一定のベーン付ディフューザを用いて、高効率化することによって圧縮機を高効率で運転することができる。

更に、低压段側グループのディフューザ前縁半径と羽根車外径半径Rとの比 $r/R$ を一定にし、かつこの比 $r/R$ がディフューザベーンの高さ $h$ と羽根車外径半径Rとの比 $h/R$ に対し、

$$\frac{r}{R} < 1 + 3.3 \frac{h}{R}$$

の関係を満足するように設定することによつても、圧縮機を高効率で運転することができる。

なお、前述のいずれの実施例においても、遠心羽根車出入口の間のもれ流れを増加することによつて各段を流れる流量よりも羽根車を流れる流量を増加して、見かけ上、羽根車のみ大流量側で作動する構成にすると、旋回失速を防止する上で更に効果がある。

〔発明の効果〕

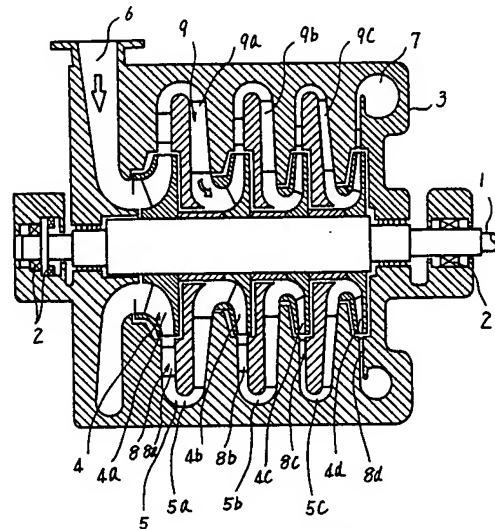
本発明によれば、ディフューザベーンを設けることによつてディフューザにおいて発生する旋回失速を防止することができるので、高効率で安定運転範囲の広い多段遠心圧縮機を得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る多段遠心圧縮機の一実施例の縦断面図、第2図は羽根車とベーン付ディフューザとの詳細関係図、第3図は特性説明図、第4図は他の実施例の縦断面図、第5図は第4図の実施例の特性説明図、第6図は更に他の実施例の縦断面図、第7図から第10図は従来の多段遠心圧縮機特性の説明図である。

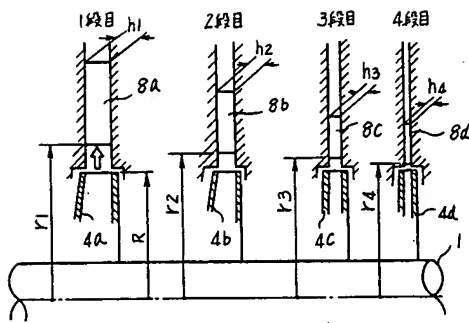
1…回転軸、2…軸受、3…ケーシング、4(4a, 4b, 4c, 4d)…羽根車、5…流路、6…吸込口、7…吐出口、8(8a, 8b, 8c, 8d)…ベーン付ディフューザ、9(9a, 9b, 9c)…リターンチャンネル、10(10a, 10b)…低压段側グループ羽根車、11(11a, 11b, 11c)…高压段側グループ羽根車、12(12a, 12b)…低压段側グループのベーンレスディフューザ、13…リターンチャンネル、14(14a, 14b, 14c)…高压段側グループのベーン付ディフューザ、15(15a, 15b)…高压段側グループのリターンチャンネル。

第 1 図

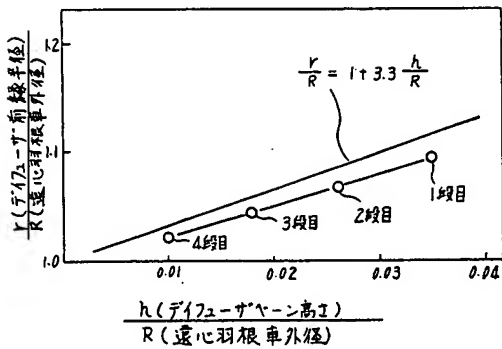


1…回転軸  
2…軸受  
3…ケーシング  
4(4a, 4b, 4c, 4d)…羽根車  
5…流路  
6…吸込口  
7…吐出口  
8(8a, 8b, 8c, 8d)…ベーン付ディフューザ  
9(9a, 9b, 9c)…リターンチャンネル

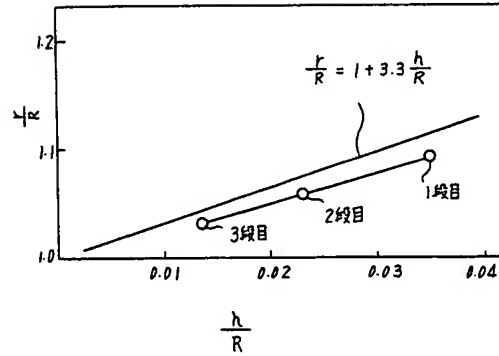
第 2 図



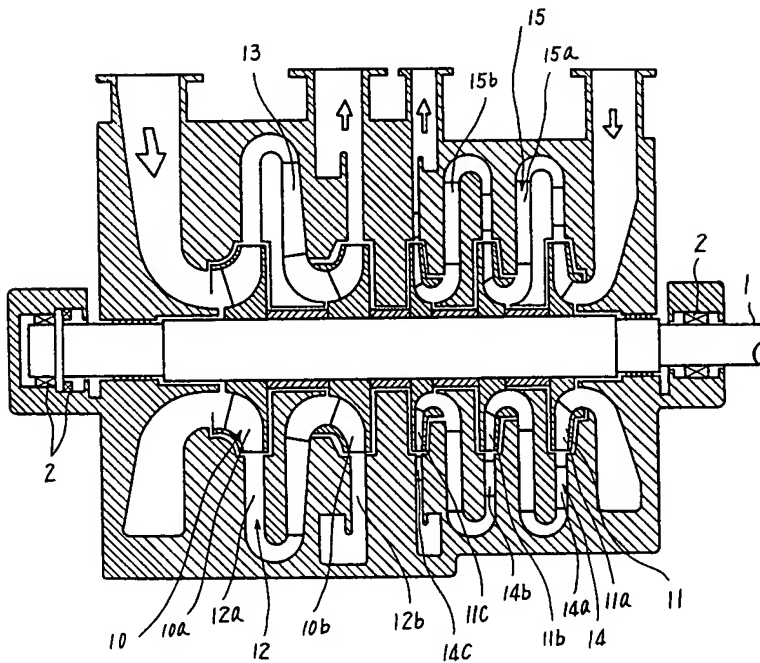
第 3 図



第 5 図

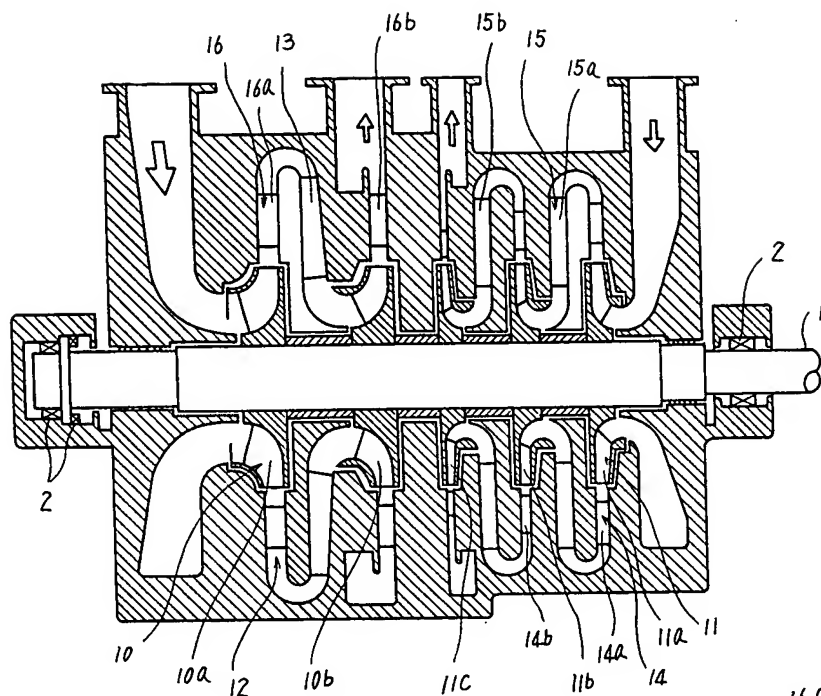


第 4 図



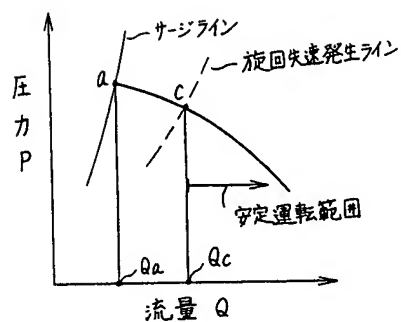
- 10(10a, 10b) --- 低圧段側フル・フ・羽根車
- 11(11a, 11b, 11c) --- 高圧段側フル・フ・羽根車
- 12(12a, 12b) --- 低圧段側フル・フ・
- ベン・ス・ディフューザ
- 13 --- リターンチャンネル
- 14(14a, 14b, 14c) --- 高圧段側フル・フ・
- ベン・付ディフューザ
- 15(15a, 15b) --- 高圧段側フル・フ・の
- リターンチャンネル

第 6 図

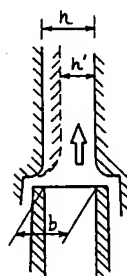


16 (16a, 16b) --- 低圧段側アール・フの  
ベンチディューサ

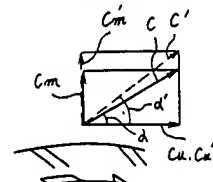
第 7 図



第 8 図

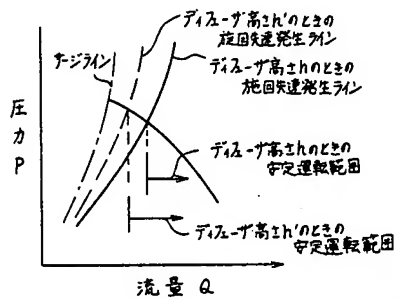


第 9 図



$C, C'$ : 絶対速度  
 $C_m, C_m'$ : 半径方向速度  
 $C_u, C_u'$ : 周方向速度

第 10 図



3 --- 羽根車  
4 --- ベンチディューサ  
10 --- 回転方向